

2007/10/22

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターコード* (参考)
B 4 1 J	2/045	B 4 1 J 3/04	1 0 3 A 2 C 0 5 7
	2/055		1 0 3 H
	2/16		U
H 0 1 L	41/083	H 0 1 L 41/08	N
	41/09		Q
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-354177(P2001-354177)

(22) 出願日 平成13年11月20日 (2001.11.20)

(31) 優先権主張番号 特願2000-361053(P2000-361053)

(32) 優先日 平成12年11月28日 (2000.11.28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005267

ブラザー工業株式会社
愛知県名古屋市長区苗代町15番1号(72) 発明者 高木 淳宏
名古屋市長区苗代町15番1号 ブラザー
工業株式会社内

(74) 代理人 100109195

井理士 武藤 勝典

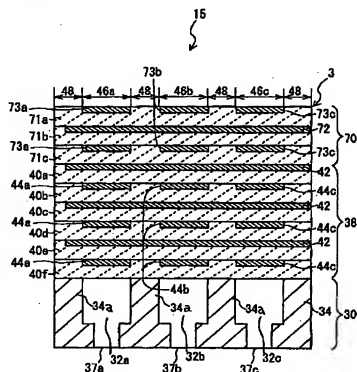
Fターム(参考) 2C057 AF65 AG12 AG48 AP16 AP21
AP25

(54) 【発明の名称】 インクジェットプリンタヘッドおよびその圧電素子

(57) 【要約】

【課題】 圧電シート及び電極の厚さに基づく問題を解決し、圧電シートの圧電特性を良好に発揮させて活性部位の十分な変位を得て優れた噴射性能を得るとともに、電極切れや積層剥離等の不具合を発生させることのないインクジェットプリンタヘッドおよび圧電素子を提供すること。

【解決手段】 圧電シート40a～40f、及びセラミックス層71a～71cの一層の膜厚を5μm～40μm、好ましくは、15μm～30μmとなるように構成する。また、共通電極42と個別電極44a～44cの一層の膜厚を0.7μm～5μm、好ましくは1μm～3μmとなるように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のインク噴射用オリフィスとそれぞれのオリフィスに連通する複数のインク室とを有するキャビティプレートと、

前記複数のインク室に対応する位置に形成された複数の電極を備える圧電シートを複数枚、積層して焼結し一体に形成されたプレート型の圧電素子とを備え、該圧電素子が、前記キャビティプレートに、前記複数のインク室を覆って取り付けられ、

前記複数の圧電シートは、それぞれの厚さが、 $5\mu\text{m}$ ～ $40\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とするインクジェットプリンタヘッド。

【請求項2】 前記複数の圧電シートは、それぞれの厚さが、 $15\mu\text{m}$ ～ $30\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする請求項1に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項3】 前記電極は厚さが $0.7\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする請求項1または2に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項4】 前記電極は、前記各インク室と対向する位置に形成された複数の個別電極と、前記複数のインク室にわたって形成された共通電極とからなり、前記各個別電極の幅が $50\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする請求項3に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項5】 前記電極は厚さが $1\mu\text{m}$ ～ $3\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする請求項3記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項6】 前記電極は、前記各インク室と対向する位置に形成された複数の個別電極と、前記複数のインク室にわたって形成された共通電極とからなり、前記各個別電極の幅が $80\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする請求項5に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項7】 複数のオリフィスとそれぞれのオリフィスに連通する複数のインク室とを有するキャビティプレートに、前記複数のインク室を覆って取り付けられるプレート型の圧電素子であって、

前記各インク室と対向する位置に複数の個別電極を備える圧電シートと、前記複数のインク室にわたって形成された共通電極を備える圧電シートとを複数枚、交互に積層して焼結し一体に形成され、前記複数の圧電シートのそれぞれの厚さが、 $5\mu\text{m}$ ～ $40\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする圧電素子。

【請求項8】 前記複数の圧電シートのそれぞれの厚さが、 $15\mu\text{m}$ ～ $30\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする請求項7に記載の圧電素子。

【請求項9】 前記電極の厚さが $0.7\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ に設定されていることを特徴とする請求項7または8に記載の圧電素子。

【請求項10】 前記電極は厚さが $1\mu\text{m}$ 以上 $3\mu\text{m}$ 以下に設定されていることを特徴とする請求項9記載の圧電素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電式のインクジェットプリンタヘッドおよびそれに使用される圧電素子に関する。

【0002】

【従来の技術】インクジェットプリンタに用いられているインクジェットプリンタヘッドにおいて、キャビティプレートのインク室に隣接して圧電素子を設けてインクをインク室から噴射させ印刷を行う圧電式インクジェットプリンタヘッドが知られている。

【0003】この圧電式インクジェットプリンタヘッドでは、圧電素子をセラミック製の圧電シートと電極とを交互に積層してプレスして焼成して形成し、別途インク室を形成したキャビティプレートと、圧電素子とを接着剤等を用いて接着し、さらに圧電素子の上面に変形拘束材を接着して製造していた。そして電極に電圧を印加することにより、電極間に挟まれた圧電シートの活性部を変位させ、インク室内のインクに圧力を付与するようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の圧電素子によれば、圧電シートが薄いと、前記焼成時に電極の金属が拡散し過ぎることがあり、圧電シートの圧電特性が損なわれるという問題があった。また逆に、圧電シートが厚いと、電極間に挟まれた活性部位の周囲における不活性部位の拘束影響が強大となり、活性部位の十分な変位が得られないという問題があった。

【0005】さらに、電極が薄いと、焼成時の拡散により、電極が細くなり過ぎたり、あるいは切れてしまうという問題があった。また、電極が厚いと、電極が存在する部分と存在しない部分との差による積層後の圧電素子の厚さの差が大きくなり、電極の存在しない部位の積層界面が剥離し易くなるという問題があった。

【0006】本発明は、前記問題に鑑みてなされたもので、圧電シート及び電極の厚さに基づく問題を解決し、圧電シートの圧電特性を良好に発揮させて活性部位の十分な変位を得て優れた噴射性能を得るとともに、電極切れや積層剥離等の不具合を発生させることのないインクジェットプリンタヘッドおよび圧電素子を提供する。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明は、複数のインク噴射用オリフィスとそれぞれのオリフィスに連通する複数のインク室とを有するキャビティプレートと、前記複数のインク室に対応する位置に形成された複数の電極を備える圧電シートを複数枚、積層して焼結し一体に形成されたプレート型の圧電

3
素子とを備え、該圧電素子が、前記キャビティプレートに、前記複数のインク室を覆って取り付けられ、前記複数の圧電シートのそれぞれの厚さが、 $5\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ に設定されている。

【0008】これによれば、各圧電シートが厚さ $5\mu\text{m}$ 以上あることで、焼成時において電極の金属が拡散し過ぎることがなく、良好な圧電特性を保つ。また、厚さが $40\mu\text{m}$ 以下とすることで、活性部位の周囲における不活性部位の拘束の影響が強過ぎることがなく、活性部位の十分な変位が得られる。したがって、電極への電圧の印加により、各インク室に対応する部分の圧電シートの変形特性が均一かつ安定したものとなり、各インク室毎に安定した噴射特性が得られる。

【0009】好ましくは、前記複数の圧電シートは、それぞれの厚さが、 $15\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ に設定される。これにより、焼成時における電極層の金属の拡散による圧電特性の低下が極めて良好に防止され、活性部位の周囲における不活性部位の拘束の影響が極めて良好に抑えられ、活性部位の十分な変位が得られる。

【0010】また、好ましくは前記電極は厚さが $0.7\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ に設定される。さらに好ましくはこの場合、電極は、前記各インク室と対向する位置に形成された複数の個別電極と、前記複数のインク室にわたって形成された共通電極とからなり、前記各個別電極の幅が $50\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ に設定される。

【0011】これにより、焼成時の拡散により電極が細くなり過ぎたり、あるいは電極が切れてしまうことが良好に防止される。また、積層後の圧電素子において、電極が存在する部分と存在しない部分との差に基づく圧電素子の厚さの差が大きくなり過ぎることがなく、電極が存在しない部位における積層界面の剥離が良好に防止される。性能上および生産上、効率のよいインクジェットヘッドをつくることができる。

【0012】さらに好ましくは、前記電極は厚さが $1\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ に設定される。また電極は、前記各インク室と対向する位置に形成された複数の個別電極と、前記複数のインク室にわたって形成された共通電極とからなり、前記各個別電極の幅が $80\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ に設定される。これにより、焼成時の拡散により電極が細くなり過ぎたり、あるいは電極が切れてしまうことが一層確実に防止される。また、積層後の圧電素子において、電極が存在する部分と存在しない部分との差に基づく圧電素子の厚さの差が大きくなり過ぎることがなく、電極が存在しない部位における積層界面の剥離が一層確実に防止される。性能上および生産上、一層効率のよいインクジェットヘッドをつくることができる。

【0013】
【発明の実施の形態】以下、本発明に係るインクジェットプリンタヘッドおよびその圧電素子を、図1乃至図9を参照して詳細に説明する。

4
【0014】図7は、インクジェットプリンタ1の要部を示す図である。プラテン10は、用紙11の搬送方向と直交して水平に設けられる。このプラテン10は、軸12を備えフレーム13に回転可能に軸支されており、モータ14により、駆動ギア列を介して駆動される。プラテン10に対向した位置には、インクジェットプリンタヘッド15が設けられている。

【0015】このインクジェットプリンタヘッド15は、インク供給装置16とともにキャリッジ18上に配置されている。キャリッジ18は、プラテン10の軸12の軸線に平行に配設された2本のガイドロッド20a、20b（以下、まとめてガイドロッド20という）に摺動可能に支持され、一對の従動プーリー21、従動プーリー22に巻き掛けられたタイミングベルト24に結合されている。そして、駆動プーリー22がモータ23によって駆動され、タイミングベルト24が所定方向に送られると、キャリッジ18は、ガイドロッド20に沿って移動され、インクジェットプリンタヘッド15がプラテン10に対面させた状態で移動される。

【0016】図1は、インクジェットプリンタヘッド15の要部断面図である。このヘッド15は、キャビティプレート30と、圧電素子3とから構成される。キャビティプレート30は、図6に示すように全体が立方体形状に形成されたインク室本体34内部に、上方が開放された空間であるインク室32a、32b、32c（以下、特に区別しない場合はインク室32という。）が隔壁34aで隔てて複数個、図では3つ配列される。各インク室32は、内部の幅がおよそ $250\mu\text{m}$ で、高さ $60\mu\text{m}$ に構成される。インク室本体34の底部には、各インク室32a \sim 32cに対応したインクを噴射するオリフィス37a、37b、37c（以下、特に区別しない場合はオリフィス37という。）を有するオリフィスプレート36が蓋状に配置される。そして、インク室本体34とオリフィスプレート36は、鉄系の材料で構成され、接着により一体化される。なお、セラミックス等により焼成して一体成型したり、あるいはアルミ系の材料等を用いインジェクションにより一体に形成してもよい。また、各インク室32は、インク供給装置16（図7参照）から連通された図示しない供給路によりインクの供給を受け、常時インクが充填される。

【0017】インク室32に貯留されたインクは所定の負圧がかかるように設定され、そのためインクはオリフィス37において表面張力により外部に向かって凹のメニスカスを形成する。したがって、通常はオリフィス37からインクが漏出しないが、内圧が高まって場合のみ、インクがオリフィス37より噴射される。また、本実施の形態のように、インク室32に直接オリフィス37が設けられるもの以外にも、インク室32からさらにインクの導出路を設けてオリフィス37を配置し、噴射方向等を調節したり、インク室32の底部以外にオリフ

5
イス37を配置するようにしてもよい。

【0018】圧電素子3は、各インク室32にインクに圧力を付与するようにキャビティプレート30の上方に設けられた活性層38と、その活性層38のキャビティプレート30とは反対側への変位を拘束する拘束層70とからなる。活性層38は、表面に電極パターンが形成された圧電セラミックス製の圧電シート40a、40b、40c、40d、40e、40f（以下、特に区別しない場合は圧電シート40という。）が積層されて形成され、また拘束層70は、セラミックス層71a、71b、71c（以下、特に区別しない場合はセラミックス層71という。）が積層されて形成されている。拘束層70は、後述するように活性層38と一体に焼成され、圧電素子3全体の剛性を高めてクロストークを防止している。

【0019】活性層38を構成する圧電シート40は、電歪効果を有する圧電セラミックスを薄板状シートに形成したものである。そのうち1つおきの圧電シート40a、40c、40eの上面には、図5に示すように、該圧電シートの周縁端部を除いて全体を覆う内部負電極層すなわち共通電極42と、この電極を外部と電気的に接続するための電極取り出し部43が後述するように形成される。そして、上記圧電シート40a、40c、40eと交互に位置する圧電シート40b、40d、40fの上面には、インク室32a～32fに対して1対1に対応するように平行に配列されかつインク室32の幅方向の幅寸法がおよそ120μmである複数本の帯状の内部正電極層すなわち個別電極44a、44b、44cと、この電極をそれぞれ外部と電気的に接続するための電極取り出し部45a、45b、45cが形成される。

【0020】本実施の形態においては、共通電極42と個別電極44a～44cは、Ag-Pd系の金属材料からなり、厚さが0.7μm～5μm、好ましくは1μm～3μmに設定されている。

【0021】そしてこれらの2種類の電極パターンが印刷された圧電シート40が交互に複数枚積層される。積層された各圧電シート40は、図1に示すように共通電極42と個別電極44a～44cとに挟まれて位置する。また、個別電極44a～44cは帯状に形成されているため、各圧電シート40内において、図1上部にその断面を示すように、共通電極42と個別電極44a～44cとに挟まれ、その幅が約120μmである圧電活性部46a、46b、46cと、共通電極42、個別電極44a～44cに挟まれない圧電不活性部48が形成される。つまり、圧電シート40の中で共通電極と個別電極間に電圧が印加された場合に電界が生じ電歪効果により垂直方向に変形する部分と、電圧を印加しても電界が生じない変形しない部分ができることになる。そして、活性層38は、圧電活性部46a～46cがインク室32a、32b、32cに対向し、かつ圧電不活

6
部48がインク室間の隔壁34aに対向するようにインク室本体34に固着されている。

【0022】拘束層70は、セラミックス層71a、71b、71cから構成される。セラミックス層71は、活性層38の圧電シート40と同一の構成、材料、大きさである。さらに、拘束層70のセラミックス層71a、71cは、活性層38の圧電シート40b、40d、40fの個別電極44a、44b、44c及び電極取り出し部45a、45b、45cと同一構成のダミー個別電極73a、73b、73c及び図2に示す電極取り出し部75a、75b、75cを備える。また、拘束層70のセラミックス層71bは、活性層38の圧電シート40a、40c、40eの共通電極42及び電極取り出し部43と同一構成のダミー共通電極72及び図2に示す電極取り出し部74を備える。ここで、上記のように電極等が印刷された圧電シート40、セラミックス層71となるグリーンシート50、51は共通部品として共用することもできる。但し、圧電素子3を形成した後は、その配置された位置と、後述するように電気的な配線が異なり、その機能が異なるため、その名称が異なるものである。

【0023】活性層38及び拘束層70は、以下の製造方法によって製造される。まず、強誘電性を有するチタン酸ジルコン酸鉛（PZT（ $\text{PbTiO}_3 \cdot \text{PbZrO}_3$ ）系）のセラミックス粉末、バインダ、溶剤を混合し粘度10,000～30,000CPSに調整した混合液を調整し、PET（ポリエチレンテレフタレート）等のプラスチックフィルム上に乾膜して9枚のグリーンシートを形成する。本実施の形態においては、このグリーンシートの厚さを、5μm～40μm、好ましくは15μm～30μmに設定した。

【0024】さらに、この内の5枚のグリーンシート50は、シート上の個別電極44a、44b、44c及び電極取り出し部45a、45b、45cまたはダミー個別電極73a、73b、73c及び電極取り出し部75a、75b、75cとなる部分に金属材料をスクリーン印刷する。同様に、残り4枚のグリーンシート51上には共通電極42及び電極取り出し部43またはダミー共通電極72及び電極取り出し部74となる部分に金属材料を印刷する。

【0025】そして、この2種類のグリーンシート50、51のうちグリーンシート50を一番下に、交互に9枚積層する。このようにグリーンシート50、51を積層すると、グリーンシート50が上下の端になるように配置される。結局、活性層と拘束層として、名称は異なるが全く同じ構成のグリーンシート50を5枚と、グリーンシート51を4枚の合計9枚を交互に積層することになる。そして、まだこの段階では、活性層38と拘束層70の区別はない。なお、この実施の形態では、最下層のシート上に個別電極を配置したが、最下層のシー

ト上に共通電極を配置するようによい。

【0026】次にこのように構成された9枚のグリーンシート50、51を重ね、全体を加熱プレスし、脱脂した後に、焼結して、活性層38及び拘束層70が一体となった圧電セラミックスのブロックを得る。

【0027】このグリーンシート50、51を積層したブロックを焼成する場合について説明する。圧電素子3は、既述のように、活性層38と拘束層70とから構成されるが、活性層38には電極が必須の構成である。一方、拘束層70には、機能的には電極を設ける必要はない。しかしながら、このグリーンシート50、51を積層したブロックを焼成する場合、圧電セラミックスと電極を構成する金属材料では焼成した場合の収縮率が異なる。僅かでも収縮率が異なると、焼成後に活性層38が反ったり、あるいは波打ったりしてその平面性が損なわれる。活性層38の平面性が損なわれると、キャビティプレート30に密着して接する場合に、密着度が下がり、インク室30からのインクの漏出を生じたりして不良製品を生じたり、あるいは活性層38の再研磨が必要になり工数が増加し生産コストが上昇したり、充填剤により充填をすることで強度が低下する等の問題が生じる。

【0028】そこで、圧電素子3においては、上述のように、拘束層70を活性層38と同じ圧電セラミックス材料から構成している。その上で、拘束層70は、活性層38の圧電シート40に設けられた共通電極42、電極取り出し部43、個別電極44a、44b、44c、電極取り出し部45a、45b、45c（以下電極と略す。）と同じものを、圧電シート70の駆動変形に寄与しないダミー共通電極72、電極取り出し部74、ダミー個別電極73a、73b、73c、電極取り出し部75a、75b、75c（以下ダミー電極と略す。）が形成されている。このため、活性層38も拘束層70も全く同じ構成があるので、焼成時の収縮率を同一のものとすることができる。さらに、活性層38と拘束層70を合わせた全体において、電極及びダミー電極の配列を、厚み方向（積層方向）に対称に構成することで全体の収縮率を対称にし、焼成時の反りを生じないように構成している。

【0029】ここで、図2は、圧電素子3の電氣的な接続を示す模式図である。圧電素子3の側面には、圧電シート40a、40c、40eの電極取り出し部43と、セラミックス層71bの電極取り出し部74とを電氣的に接続するための導電性の金属材料からなる外部負電極52aが配置されると共に、セラミックス層71a、71cの電極取り出し部75a、75b、75cのそれぞれを電氣的に接続するための導電性の金属材料からなる外部負電極52bが配置され、さらに外部負電極52aと外部負電極52bとが電氣的に接続される。したがって、セラミックス層71a、71b、71c、40a、

40c、40eの各電極またはダミー電極は、同じ電位になる。

【0030】一方、圧電シート40b、40d、40fのそれぞれの電極取り出し部45a、45b、45c同士を電氣的に接続するための導電性の金属材料からなる外部正電極54aが圧電素子3の側面に配置される。同様に、圧電シート40b、40d、40fのそれぞれの電極取り出し部45b、45b、45b同士を電氣的に接続するための導電性の金属材料からなる外部正電極54b、圧電シート40b、40d、40fのそれぞれの電極取り出し部45c、45c、45c同士を電氣的に接続するための導電性の金属材料からなる外部正電極54cがそれぞれ圧電素子3の側面に配置される。なお、これらの外部電極は、活性層38及び拘束層70の側面に金属材料が直接印刷または塗布されて形成されるが、別途金属板で電極を形成し当接させて接続するようにしてもよいし、またワイヤをハンダ付けて接続する等、種々の構成が可能である。

【0031】ここで、ダミー電極については、拘束層70のセラミックス層71の駆動変形は寄与しないので、駆動電圧を印加する必要がない。しかしながら、ダミー電極を電氣的に極性を持たない絶縁状態にしておいても、活性層38の最上層の共通電極42との間で電位差が生じ、静電容量を発生することがある。この電流は小さいので、セラミックス層71の駆動変形に寄与するものではないが、電力損失をもたらすので、特に電源に電池を用いた場合に使用時間が短くなるという不利益がある。そこで、拘束層70においてダミー電極が活性層38に形成された共通電極42に電氣的に接続している。そうすれば、拘束層70のダミー電極と活性層38の最上層の共通電極42との間に電位差が生じず、不要な静電容量の発生を防ぐことができるものである。

【0032】上記のように構成された圧電素子のブロックを130℃程度のシリコンオイル等の絶縁オイルが満たされた図示しないオイルバスの中に浸し、その外部負電極52と外部正電極54a～54cとの間に2.5kV/mm程度の電界を印加し、活性層38の各圧電シート40に分極処理を施す。これにより、公知のように各圧電シートの圧電活性部46a、46b、46cが電圧特性をもつことになる。

【0033】また、図2に示すように、外部負電極52aは、図示しないコードでアースされてグラウンド電位とされる。また、外部正電極54aは、開閉スイッチ62aを介し駆動電源60の正極に図示しないコードで接続される。同様に、外部正電極54bは、開閉スイッチ62bを介し駆動電源60の正極に図示しないコードで接続される。そして、外部正電極54cは、開閉スイッチ62cを介し駆動電源60の正極に図示しないコードで接続される。なお、駆動電源63の負極は、アースすなわちグラウンド電位とされる。

【0034】このようにして得られた圧電素子3を、キャピティプレート30に図6に示すように接着して組み付けることにより、ヘッド15が構成される。

【0035】ここで、圧電素子3の変形例について説明する。図8は、圧電素子3の変形例である圧電素子203を示す図である。なお、圧電素子3と同一の構成の部品については同一の符号を付し、その説明を省略する。以下の変形例についても同様である。圧電素子203は、圧電素子3と同様、活性層238、拘束層270から形成される。この活性層238は、4層の圧電シート40から構成される。また、拘束層270は、ダミー共通電極72を有するセラミックス層71のみが5層積層されて構成され、各ダミー共通電極72は、それぞれがアース電極にアースされている。圧電素子3の活性層38が図1に示すように、6層の圧電シート40から構成されるのに対して、圧電素子203の活性層238は4層の圧電シート40から構成されることである。また、圧電素子3を構成する拘束層70が図5に示すように、グリーンシート50とグリーンシート51を交互に3層積層して焼成されたものであるのに対して、圧電素子203の拘束層270では、グリーンシート51のみを5層積層して焼成されて図8に示すセラミックス層71とダミー電極72とが形成されることである。圧電素子203に示すように、活性層238や拘束層270として積層される圧電シート40、セラミックス層71の数は、各種の条件により変更可能である。また、ダミー電極として配設される電極の焼成時の収縮率が、反りを防止する一定範囲内になれば、拘束層70の一部または全部をグリーンシート51のみで構成することも可能である。

【0036】次に、圧電素子3の別の変形例について説明する。図9は、圧電素子3の別の変形例である圧電素子303を示す図である。圧電素子303は、圧電素子203と同様、活性層338が4層の圧電シート40から構成される。また、拘束層370は、ダミー個別電極73a、73b、73cを備えたグリーンシート50のみが5層積層され焼成されて構成され、それぞれがグラウンド電位に接続されている。上述の圧電素子203と同様、ダミー正電極の焼成時の収縮率が、反りを防止する一定範囲内になれば、拘束層370をグリーンシート50のみを用いて構成することも可能である。

【0037】以上のように構成された圧電式インクジェットプリンタヘッド15の圧電素子3の動作について図1及び図2を参照して説明する。所定の印字データにしたがって、コントロールが閉閉スイッチ62a、62b、62cのうち任意の、例えば閉閉スイッチ62aを閉じると、圧電活性部46aの範囲にある共通電極42と個別電極44との間に電圧が印加され、それらの範囲に位置する圧電シート40に電界が生じ、電圧効果により圧電活性部46aの圧電材料が、図1の上下方向に

伸張する。このとき、拘束層70のセラミックス層71a、71b、71cには電界が生じないので、伸縮することがない。そのため、活性層38において内部電極44aと42間に挟まれた圧電活性部46aがインク室32aに向かって変形し、そのインク室32aの容積を減少させる。そして、インク室32a内のインクがオリフィス37aから液滴39となって噴射される。なお、閉閉スイッチ62aが閉いて電圧の印加が遮断され圧電活性部46aが元の位置まで戻されると、その時インク室32aの容積増加に伴ってインク供給装置16からインクが補充される。

【0038】この活性層38の圧電活性部46aにおける変形は、もし拘束層70がなかったとすれば、上下に等しく生じる。一方、本実施の形態のように拘束層70が設けられている場合は、圧電活性部46aにおいて生じた変形は、主に拘束層70の反対側であるインク室32a側を変形させる。したがって、圧電活性部46aにおいて生じた変形量が同じであれば、拘束層70を有さない構造に比較して、拘束層70を備えた圧電素子3の方がインク室32a側の変形を大きくすることができ、インクの噴射量を多くすることができる。つまり、同じ電圧を印加しても、拘束層70を備えたことで、インクの噴射量を多くできる。言い換えれば、所定量のインクを噴射させたい場合、印加する電圧を小さくできるので、小電力化を図ることができる。

【0039】また、本実施の形態においては、上述したように、前記電極等が印刷された圧電シート40及びセラミックス層71となるグリーンシート50、51は、その厚さが、 $5\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ に設定されているため、良好な圧電特性が得られ、且つ、活性層38において十分な変位を得ることができる。このグリーンシートの厚さと、圧電特性及び活性層の変位との関係を図3を用いて説明する。

【0040】図3は、セラミックス層の一層の膜厚と、圧電定数及び変位量との関係を示すグラフである。図3に示すように、セラミックス層の一層の膜厚が $15\mu\text{m}$ 以上の場合には、圧電定数 d_{33} は、 $600(\times 10^{-12}\text{m/V})$ 以上となり、良好な特性が得られることが判る。

【0041】しかし、セラミックス層の一層の膜厚が $5\mu\text{m}$ 未満の場合には、圧電定数 d_{33} は、 $450(\times 10^{-12}\text{m/V})$ 未満となり、十分な特性が得られないことが判る。これは、膜厚が $5\mu\text{m}$ 未満の場合には、電極中のAgが、焼成時に拡散し過ぎるため、上記のように十分な圧電特性が得られないものと考えられる。そこで、本実施の形態においては、セラミックス層の一層の膜厚を、 $5\mu\text{m}$ 以上、好ましくは、 $15\mu\text{m}$ 以上となるように構成した。したがって、本実施の形態においては、活性層38において十分な圧電特性を得ることができ

【0042】一方、図3に示すように、セラミックス層の一層の膜厚が、 $30\mu\text{m}$ 以下の場合には、活性層38において 20nm 以上の変位量が得られることが判る。なお、図3に示す変位量は、活性層38のうちの5層のセラミックス層に 20V の電圧を印加した場合の変位量を示すものである。しかしながら、セラミックス層の一層の膜厚が、 $40\mu\text{m}$ を超えると、活性層38において 13nm 以下の変位量となってしまう、十分な変位が得られないことが判る。

【0043】これは、セラミックス層の一層の膜厚が、 $40\mu\text{m}$ を超える場合には、圧電活性部の拘束の影響が大きなものとなり、圧電活性部において十分な変位が得られなくなるものと考えられる。

【0044】そこで、本実施の形態においては、セラミックス層の一層の膜厚を、 $40\mu\text{m}$ 以下、好ましくは、 $30\mu\text{m}$ 以下となるように構成した。その結果、本実施の形態の活性層38においては、十分な変位量を得ることが出来る。

【0045】また、本実施の形態においては、上述したように、A_g-P_d系の金属材料から成る共通電極42と個別電極44a~44cは、厚さが $0.7\mu\text{m}$ ~ $5\mu\text{m}$ 、好ましくは $1\mu\text{m}$ ~ $3\mu\text{m}$ に設定されているため、電極が細くなり過ぎたり、あるいは電極が切れてしまうという問題が発生せず、また、内部電極の存在する部位と存在しない部位との圧電素子の厚さの差が少なく、積層界面での剥離が生じ難くなっている。この電極の厚さと、電極の厚さ及び積層界面での剥離との関係を図4を用いて説明する。

【0046】図4は、内部電極の膜厚と、静電容量及び積層界面での剥離との関係を示すグラフである。図4に示すように、内部電極の膜厚が $1\mu\text{m}$ 以上の場合には、 1600pF の静電容量が得られ、十分な厚さの電極が形成されることが判る。しかし、内部電極の膜厚が $0.7\mu\text{m}$ 未満の場合には、静電容量は 1500pF 未満となり、電極が細くなっていることが判る。さらに、内部電極の膜厚が $0.5\mu\text{m}$ 以下の場合には、静電容量は 500pF 未満となり、電極切れが発生することが判る。これは、内部電極の膜厚が $0.7\mu\text{m}$ 未満の場合には、焼成時に電極中のA_gが拡散してしまうために、電極が細くなり過ぎたり、あるいは電極切れが生じるものと考えられる。そこで、本実施の形態においては、内部電極の膜厚を、 $0.7\mu\text{m}$ 以上、好ましくは、 $1\mu\text{m}$ 以上となるように構成した。したがって、本実施の形態においては、共通電極42と個別電極44a~44cにおいて十分な厚さの電極を形成することができる。

【0047】一方、図4に示すように、内部電極の膜厚が $5\mu\text{m}$ を超える場合には、内部電極の存在しない部位の積層界面での剥離が多発することが判る。これは、内部電極の膜厚が $5\mu\text{m}$ を超える場合には、内部電極の存

在する部位と、内部電極が存在しない部位との、圧電素子3の厚さの差が大きくなり過ぎるためであると考えられる。そこで、本実施の形態においては、内部電極の膜厚が、 $5\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $3\mu\text{m}$ 以下となるように構成した。その結果、積層界面での剥離を防止することが出来る。

【0048】さらに、圧電シートに形成される個別電極44a~44cの幅は、隣接するインク室間のピッチに影響され、さらにはインク室の幅により決定される。この個別電極の幅はインク室の幅の 40% ~ 70% で形成されることが望ましい。 40% よりも狭い場合には、インク室の容積に対して十分な圧力変化が得られずに、インク滴漏の噴射状況にばらつきが生じやすい。逆に、 70% よりも広い場合には、インク室間の隔壁34aとの間隔が狭くなって圧電セラミックスの変位が拘束され、圧力の増加に寄与しないのみならず、場合によっては、隣接するインク室の圧力変化に影響を及ぼす(クロストーク)おそれがある。

【0049】また、ヘッド設計という観点からは、高集積化と生産性とのバランスから、隣接するインク室間のピッチ(ヘッド解像度)は、 $85\mu\text{m}$ (300dpi)~ $847\mu\text{m}$ (30dpi)、好ましくは $169\mu\text{m}$ (150dpi)~ $508\mu\text{m}$ (50dpi)で設計されることが望ましい。 $85\mu\text{m}$ 以下の狭ピッチでは、隔壁34aの幅が $10\sim20\mu\text{m}$ 程度となり、生産上、圧電素子との十分な接合部が確保できなくなる。逆に、 $847\mu\text{m}$ 以上の広ピッチでは、必要な印字品質を得るための走査回数が多大になり、印字装置としての性能を確保できなくなる。

【0050】このヘッド解像度をもとにして、インク室間の隔壁34aの幅や圧力の発生効率などを考慮して、性能上および生産上、効率のよいヘッドを設計すると、個別電極の幅は、 $50\mu\text{m}$ ~ $500\mu\text{m}$ 、好ましくは $80\mu\text{m}$ ~ $200\mu\text{m}$ であることが必要となる。加えて、電極(この場合、A_g-P_d系の金属材料)を圧電シートに形成する際には、通常、金属材料とバインダーや溶剤と混練してペースト状にし、スクリーン印刷などの手法を用いて形成することになるが、このような印刷手法においては、 $50\mu\text{m}$ 以下の幅で安定して形成することは極めて難しく、好ましくは $80\mu\text{m}$ 以上の幅で設計することが望ましい。

【0051】以上のように、本実施の形態においては、セラミックス層の一層の膜厚を $5\mu\text{m}$ ~ $40\mu\text{m}$ 、好ましくは、 $15\mu\text{m}$ ~ $30\mu\text{m}$ となるように構成したので、活性層38において良好な圧電特性及び変位量が得られ、各インク室における噴射特性も安定したのとなり、各インク室毎の噴射特性のばらつきを防止することができる。また、内部電極の膜厚を、 $0.7\mu\text{m}$ ~ $5\mu\text{m}$ 、好ましくは $1\mu\text{m}$ ~ $3\mu\text{m}$ となるように構成したので、電極層が原因となる物理的不具合を防止して、本来

の圧電材料特性を得ることができる。

【0052】なお、上述した実施の形態は、伸張モードで動作する圧電素子に本発明を適用した例について説明したが、本発明はこのような構成に限定されるものではなく、ユニモルフモード、バイモルフモード、あるいはシェアモードのいずれのモードの圧電素子にも適用可能である。

【0053】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、複数枚積層された焼結体を構成する各圧電シートは、その厚さが、 $5\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 好ましくは $15\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ に設定されているので、焼成時において電極の金属が拡散し過ぎることがなく、良好な圧電特性を保つ。また、活性部位の周囲における圧電不活性部の拘束の影響が強過ぎることがなく、活性部位の十分な変位が得られ、優れたインク液滴の噴射性能を発揮することができる。

【0054】また、前記電極の厚さが $0.7\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ で、幅が $50\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 、さらに好ましくは厚さが $1\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ で、幅が $80\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ であることで、電極の有無の差に基づく圧電素子の厚さの差が大きくなり過ぎることがなく、電極が存在しない部位における積層界面の剥離を確実に防止することができ、さらに性能上および生産上、効率のよいインクジェットヘッドをつくることができる。

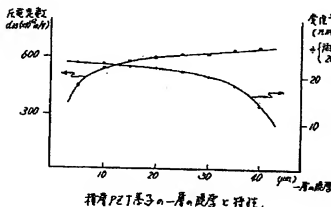
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態における圧電式インクジェットプリンタヘッドの要部断面図である。

【図2】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドにおける圧電素子の電気的な接続を示す図である。

【図3】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドにおける圧電素子におけるセラミックス層の一層の膜厚と、圧電定数及び変位量との関係を示す図である。

【図3】



【図4】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドにおける圧電素子における内部電極の膜厚と、静電容量及び積層界面での剥離との関係を示す図である。

【図5】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドにおける圧電素子における活性層及び拘束層の構造を示す分解斜視図である。

【図6】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドの要部を示す分解斜視図である。

【図7】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドが用いられるインクジェットプリンタの要部を示す斜視図である。

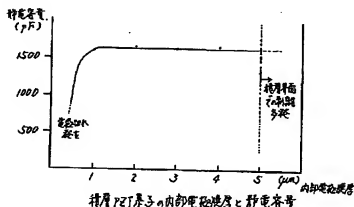
【図8】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドにおける圧電素子の変形例を示す断面図である。

【図9】図1の圧電式インクジェットプリンタヘッドにおける圧電素子の他の変形例を示す断面図である。

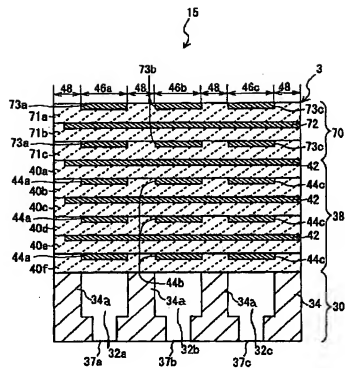
【符号の説明】

- 1 インクジェットプリンタ
- 3、203、303 圧電素子
- 30 キャビティプレート
- 32、32a、32b、32c インク室
- 34 インク室本体
- 36 オリフィスプレート
- 37、37a、37b、37c オリフィス
- 38 活性層
- 40 圧電シート
- 42 電極
- 44、44a、44b、44c 個別電極
- 46、46a、46b、46c 圧電活性部
- 48 圧電不活性部
- 50、51 グリーンシート
- 70 拘束層
- 71、71a、71b、71c セラミックス層

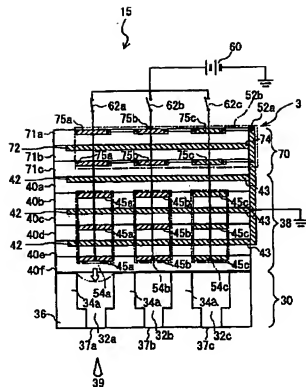
【図4】



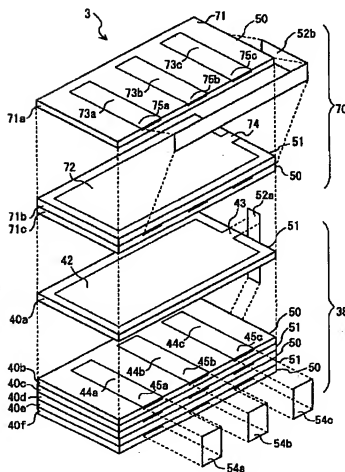
【図 1】



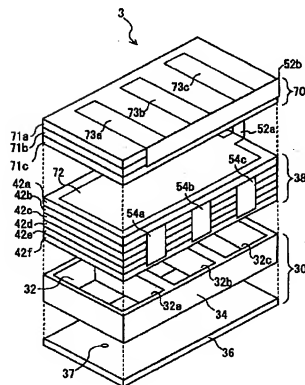
【図 2】



【図 5】



【図 6】



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The cavity plate which has two or more ink rooms which are open for free passage to two or more orifice for ink injection and each orifice, A piezo-electric sheet equipped with two or more electrodes formed in the location corresponding to said two or more ink rooms Two or more sheets, It has the piezoelectric device of the plate mold which carried out the laminating, sintered and was formed in one. This piezoelectric device It is the ink jet printer head to which said two or more ink rooms are covered on said cavity plate, it is attached in it, and said two or more piezo-electric sheets are characterized by setting each thickness as 5 micrometers - 40 micrometers.

[Claim 2] Said two or more piezo-electric sheets are ink jet printer heads according to claim 1 to which each thickness is characterized by being set as 15 micrometers - 30 micrometers.

[Claim 3] Said electrode is an ink jet printer head according to claim 1 or 2 characterized by setting thickness as 0.7 micrometers - 5 micrometers.

[Claim 4] Said electrode is an ink jet printer head according to claim 3 characterized by consisting of two or more individual electrodes formed in said each ink room and the location which counters, and a common electrode formed over said two or more ink rooms, and setting the width of face of the electrode according to each [said] as 50 micrometers - 500 micrometers.

[Claim 5] Said electrode is an ink jet printer head according to claim 3 characterized by setting thickness as 1 micrometer - 3 micrometers.

[Claim 6] Said electrode is an ink jet printer head according to claim 5 characterized by consisting of two or more individual electrodes formed in said each ink room and the location which counters, and a common electrode formed over said two or more ink rooms, and setting the width of face of the electrode according to each [said] as 80 micrometers - 200 micrometers.

[Claim 7] On the cavity plate which has two or more ink rooms which are open for free passage to two or more orifice and each orifice

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the piezoelectric device used for the ink jet printer head of a piezo-electric type, and it.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the ink jet printer head used for the ink jet printer, the piezo-electric formula ink jet printer head which prints by adjoining the ink room of a cavity plate, preparing a piezoelectric device, and making ink inject from an ink room is known.

[0003] With this piezo-electric type ink jet printer head, the cavity plate which carried out the laminating of the piezo-electric sheet and electrode made from a ceramic by turns, pressed, calcinated and formed the piezoelectric device, and formed the ink room separately, and the piezoelectric device were pasted up using adhesives etc., and deformation restricted material was further pasted up and manufactured on the piezoelectric device. And he carries out the variation rate of the activity section of the piezo-electric sheet inserted into inter-electrode, and is trying to give a pressure to the ink of the ink interior of a room by impressing an electrical potential difference to an electrode.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, according to the conventional piezoelectric device, when the piezo-electric sheet was thin, the metal of an electrode may be spread too much at the time of said baking, and there was a problem that the piezo-electric property of a piezo-electric sheet was spoiled. Moreover, conversely, when the piezo-electric sheet was thick, it became mightily restricted influencing of the inactive part in the perimeter of the active site inserted into inter-electrode, and there was a problem that sufficient variation rate of an active site was not obtained.

[0005] Furthermore, when the electrode was thin, there was a problem of an electrode becoming thin too much or going out by diffusion at the time of baking. Moreover, when the electrode was thick, the difference of the thickness of the piezoelectric device after the laminating by the difference of the part in which an electrode exists, and the part not existing became large, and there was a problem that the laminating interface of the part where an electrode does not exist became easy to exfoliate.

[0006] This invention was made in view of said problem, solves the problem based on the thickness of a piezo-electric sheet and an electrode, demonstrates the piezo-electric property of a piezo-electric sheet good, and offers the ink jet printer head and piezoelectric device which both do not generate faults, such as an electrode piece and laminating exfoliation, as if the injection engine performance which obtained sufficient variation rate of an active site and was excellent is obtained.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The cavity plate which has two or more ink rooms which this invention opens for free passage to two or more orifice for ink injection and each orifice in order to solve said technical problem, A piezo-electric sheet equipped with two or more electrodes formed in the location corresponding to said two or more ink rooms Two or more sheets, It has the piezoelectric device of the plate mold which carried out the laminating, sintered and was formed in one, and this

piezoelectric device covers said two or more ink rooms on said cavity plate, and is attached in it, and each thickness of two or more of said piezo-electric sheets is set as 5 micrometers - 40 micrometers. [0008] this -- getting twisted -- each piezo-electric sheet is a certain thing 5 micrometers or more in thickness, the metal of an electrode is not spread too much at the time of baking, and a good piezo-electric property is maintained. Moreover, the effect of constraint of the inactive part in the perimeter of an active site is not too strong, and sufficient variation rate of an active site is obtained because thickness sets to 40 micrometers or less. Therefore, the injection property stabilized for every ink room by impression of the electrical potential difference to an electrode by the deformation property of the piezo-electric sheet of the part corresponding to each ink room becoming homogeneity and the stable thing is acquired.

[0009] Preferably, as for said two or more piezo-electric sheets, each thickness is set as 15 micrometers - 30 micrometers. The fall of the piezo-electric property by diffusion of the metal of the electrode layer at the time of baking is prevented very good by this, the effect of constraint of the inactive part in the perimeter of an active site is suppressed very good, and sufficient variation rate of an active site is obtained.

[0010] Moreover, as for said electrode, thickness is preferably set as 0.7 micrometers - 5 micrometers. Still more preferably, in this case, an electrode consists of two or more individual electrodes formed in said each ink room and the location which counters, and a common electrode formed over said two or more ink rooms, and the width of face of the electrode according to each [said] is set as 50 micrometers - 500 micrometers.

[0011] An electrode becomes thin too much by diffusion at the time of baking, or it is prevented good that an electrode goes out by this. Moreover, in the piezoelectric device after a laminating, the difference of the thickness of a piezoelectric device based on the difference of the part in which an electrode exists, and the part not existing does not become large too much, and exfoliation of the laminating interface in the part which does not exist an electrode is prevented good. An efficient ink jet head can be built on the engine performance and production.

[0012] As for said electrode, thickness is set as 1 micrometer - 3 micrometers still more preferably. Moreover, an electrode consists of two or more individual electrodes formed in said each ink room and the location which counters, and a common electrode formed over said two or more ink rooms, and the width of face of the electrode according to each [said] is set as 80 micrometers - 200 micrometers. An electrode becomes thin too much by diffusion at the time of baking, or it is prevented much more certainly [that an electrode goes out by this]. Moreover, in the piezoelectric device after a laminating, the difference of the thickness of a piezoelectric device based on the difference of the part in which an electrode exists, and the part not existing does not become large too much, and exfoliation of the laminating interface in the part which does not exist an electrode is prevented much more certainly. A much more efficient ink jet head can be built on the engine performance and production.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the ink jet printer head concerning this invention and its piezoelectric device are explained to a detail with reference to drawing 1 thru/or drawing 9.

[0014] Drawing 7 is drawing showing the important section of an ink jet printer 1. The conveyance direction of a form 11 and a platen 10 cross at right angles, and is prepared horizontally. This platen 10 is equipped with a shaft 12, is supported to revolve by the frame 13 pivotable, and is driven through a drive gear train by the motor 14. The ink jet printer head 15 is formed in the location which countered the platen 10.

[0015] This ink jet printer head 15 is arranged on carriage 18 with the ink feeder 16. Carriage 18 is supported possible [sliding] by two guide rods 20a and 20b (collectively henceforth a guide rod 20) arranged in parallel with the axis of the shaft 12 of a platen 10, and is combined with the timing belt 24 almost wound around the follower pulley 21 of a pair, and the follower pulley 22. And if a driving pulley 22 drives by the motor 23 and a timing belt 24 is sent in the predetermined direction, carriage 18 will be moved along with a guide rod 20, and the ink jet printer head 15 will be moved in the condition of having made the platen 10 meeting.

[0016] Drawing 1 is the important section sectional view of the ink jet printer head 15. This head 15 consists of a cavity plate 30 and a piezoelectric device 3. Inside, the ink rooms 32a, 32b, and 32c (the following, especially when not distinguishing, it is called the ink room 32.) which are the space where the upper part was opened wide separate the cavity plate 30 by septum 34a to the ink room body 34 interior the whole was formed in the rectangular parallelepiped as shown in drawing 6, and they are arranged three by a diagram. [two or more] Internal width of face is about 250 micrometers, and each ink room 32 is constituted by height of 60 micrometers. The orifice plate 36 which has the orifices 37a, 37b, and 37c (it is called an orifice 37 the following, especially when not distinguishing,) which inject the ink corresponding to each ink rooms 32a-32c at the pars basilaris ossis occipitalis of the ink room body 34 is arranged in the shape of a lid. And the ink room body 34 and an orifice plate 36 consist of ingredients of an iron system, and are unified by adhesion. In addition, it calcinates with the ceramics etc., and it may really cast or you may form in one by injection using the ingredient of an alumina system etc. Moreover, each ink room 32 receives supply of ink by the supply way which was opened for free passage from the ink feeder 16 (refer to drawing 7) and which is not illustrated, and it always fills up with ink.

[0017] The ink stored by the ink room 32 is set up so that predetermined negative pressure may be applied, therefore ink forms the meniscus of concave toward the exterior in an orifice 37 with surface tension. Therefore, although ink does not usually leak out from an orifice 37, internal pressure increases and ink is injected only for a case from an orifice 37. Moreover, the derivation way of ink is further prepared from the ink room 32, and an orifice 37 is arranged, and the injection direction etc. may be adjusted or you may make it arrange an orifice 37 like the gestalt of this operation in addition to the pars basilaris ossis occipitalis of the ink room 32 besides that by which the direct orifice 37 is formed in the ink room 32.

[0018] The barrier layer 38 prepared above the cavity plate 30 so that a piezoelectric device 3 might give a pressure to ink at each ink room 32, and the cavity plate 30 of the barrier layer 38 consist of a restricted layer 70 which restrains the variation rate to the opposite side. Piezo-electric sheet 40a made from electrostrictive ceramics by which, as for the barrier layer 38, the electrode pattern was formed in the front face, 40b, 40c, 40d, 40e, 40f (the following, especially when not distinguishing, it is called the piezo-electric sheet 40.) A laminating is carried out, and it is formed and the restricted layers 70 are the ceramic layers 71a, 71b, and 71c (the following, especially when not distinguishing, it is called the ceramic layer 71.). A laminating is carried out and it is formed. The restricted layer 70 was calculated by a barrier layer 38 and one so that it might mention later, it raised the rigidity of the piezoelectric-device 3 whole, and has prevented the cross talk.

[0019] The piezo-electric sheet 40 which constitutes a barrier layer 38 forms in a sheet metal-like sheet the electrostrictive ceramics which has an electrostrictive effect. Among those, as shown in drawing 5, it is formed in the top face of the piezo-electric sheets 40a, 40c, and 40e in every other one so that the electrode takeoff connection 43 for connecting electrically the interior negative electrode layer 42 of a wrap, i.e., a common electrode, and this electrode with the exterior may mention the whole later except for the periphery edge of this piezo-electric sheet. and in the above-mentioned piezo-electric sheets 40a, 40c, and 40e and piezo-electric sheets [which are located by turns / 40b, 40d, and 40f] top face Two or more band-like internal positive electrode layers 44a, 44b, and 44c, i.e., individual electrodes, whose width methods of the cross direction of the ink room 32 it is arranged in parallel and are about 120 micrometers as it corresponds by 1 to 1 to the ink rooms 32a-32c. The electrode takeoff connections 45a, 45b, and 45c for connecting this electrode with the exterior electrically, respectively are formed.

[0020] In the gestalt of this operation, the common electrode 42 and the individual electrodes 44a-44c consist of a metallic material of an Ag-Pd system, and 0.7 micrometers - 5 micrometers of thickness are preferably set as 1 micrometer - 3 micrometers.

[0021] And two or more sheet laminating of the piezo-electric sheet 40 with which two kinds of these electrode patterns were printed is carried out by turns. It is inserted into the common electrode 42 and the individual electrodes 44a-44c, and each piezo-electric sheet 40 by which the laminating was carried out is located, as shown in drawing 1. Moreover, since the individual electrodes 44a-44c are formed in

band-like, as the range is shown in each piezo-electric sheet 40 in the drawing 1 upper part, it is inserted into the common electrode 42 and the individual electrodes 44a-44c, and the piezo-electric activity sections 46a, 46b, and 46c the width of face of whose is about 120 micrometers, and the piezo-electric inert segment 48 which is not inserted into the common electrode 42 and the individual electrodes 44a-44c are formed. That is, the part which electric field arise and deforms perpendicularly according to an electrostrictive effect when an electrical potential difference is impressed to a common electrode and individual inter-electrode in the piezo-electric sheet 40, and the part which electric field do not produce even if it impresses an electrical potential difference and which is not deformed will be made. And the barrier layer 38 has fixed on the ink room body 34 so that the piezo-electric activity sections 46a-46c may counter the ink rooms 32a, 32b, and 32c and the piezo-electric inert segment 48 may counter septum 34a between ink rooms.

[0022] The restricted layer 70 consists of ceramic layers 71a, 71b, and 71c. The ceramic layers 71 are the same configuration as the piezo-electric sheet 40 of a barrier layer 38, an ingredient, and magnitude. Furthermore, the ceramic layers 71a and 71c of the restricted layer 70 are equipped with the electrode takeoff connections 75a, 75b, and 75c shown in the piezo-electric sheets [of a barrier layer 38 / 40b 40d, and 40f] individual electrodes 44a, 44b, and 44c, the dummy individual electrodes 73a, 73b, and 73c of the same configuration as the electrode takeoff connections 45a, 45b, and 45c, and drawing 2 . Moreover, ceramic layer 71b of the restricted layer 70 is equipped with the electrode takeoff connection 74 shown in the common electrode 42 of the piezo-electric sheets 40a, 40c, and 40e of a barrier layer 38, the dummy common electrode 72 of the same configuration as the electrode takeoff connection 43, and drawing 2 . Here, the piezo-electric sheet 40 with which the electrode etc. was printed as mentioned above, and the green sheets 50 and 51 used as the ceramic layer 71 can also be shared as common components. However, since electric wiring differs from the arranged location so that it may mention later and the functions differ after forming a piezoelectric device 3, the names differ.

[0023] A barrier layer 38 and the restricted layer 70 are manufactured by the following manufacture approaches. The mixed liquor which mixed the ceramic powder of the titanic-acid lead zirconate (PZT (PbTiO₃ and PbZrO₃)) system which has a ferroelectricity, the binder, and the solvent, and was adjusted to viscosity 10,000 - 30,000CPS is prepared, on plastic film, such as PET (polyethylene terephthalate), it is made to extend and dry and the green sheet of nine sheets is formed. In the gestalt of this operation, 5 micrometers - 40 micrometers of thickness of this green sheet were preferably set as 15 micrometers - 30 micrometers.

[0024] Furthermore, the green sheet 50 of five sheets of these screen-stencils a metallic material into the part used as the individual electrodes 44a, 44b, and 44c on a sheet and the electrode takeoff connections 45a, 45b, and 45c or the dummy individual electrodes 73a, 73b, and 73c, and the electrode takeoff connections 75a, 75b, and 75c. Similarly, a metallic material is printed into the part which serves as the common electrode 42 and the electrode takeoff connection 43 or the dummy common electrode 72, and the electrode takeoff connection 74 on the green sheet 51 of remaining four sheets.

[0025] And the nine-sheet laminating of the green sheet 50 is carried out to the bottom by turns among two kinds of these green sheets 50 and 51. Thus, if the laminating of the green sheets 50 and 51 is carried out, it will be arranged so that a green sheet 50 may become an up-and-down edge. After all, as a barrier layer and a restricted layer, although names differ, they will carry out [the green sheet 50 of the completely same configuration] the laminating of four sheets [a total of nine] for a green sheet 51 to five sheets by turns. And in this phase, there is still no distinction of a barrier layer 38 and the restricted layer 70. In addition, although the individual electrode has been arranged on the sheet of the lowest layer, you may make it arrange a common electrode on the sheet of the lowest layer with the gestalt of this operation.

[0026] Next, the green sheets 50 and 51 of nine sheets *(ed) thus constituted are piled up, hot press of the whole is carried out, after degreasing, it sinters and the block of electrostrictive ceramics with which the barrier layer 38 and the restricted layer 70 were united is acquired.

[0027] The case where the block which carried out the laminating of these green sheets 50 and 51 is calcinated is explained. Like previous statement, although a piezoelectric device 3 consists of a barrier

layer 38 and a restricted layer 70, it is a configuration with an electrode indispensable to a barrier layer 38. On the other hand, it is not necessary to prepare an electrode in the restricted layer 70 functionally. However, when calcinating the block which carried out the laminating of these green sheets 50 and 51, in the metallic material which constitutes electrostrictive ceramics and an electrode, contraction at the time of calcinating differs. If contraction differs even when it is small, after baking, a barrier layer 38 will curve, or it will lenticulate, and the smoothness will be spoiled. If the smoothness of a barrier layer 38 is spoiled, when sticking and pasting the cavity plate 30, a degree of adhesion falls, exsorption of the ink from the ink room 30 is produced, a defect product is produced or the problem of reinforcement falling by being filled up with a bulking agent arises [regrinding of a barrier layer 38 is needed, a man day increases, and / **** / that a production cost goes up].

[0028] Then, in a piezoelectric device 3, the restricted layer 70 consists of same electrostrictive ceramics ingredients as a barrier layer 38 as mentioned above. The common electrode 42 with which the restricted layer 70 was moreover formed in the piezo-electric sheet 40 of a barrier layer 38, the electrode takeoff connection 43, individual electrode 44a, 44b, 44c, the electrode takeoff connections 45a, 45b, and 45c (it abbreviates to an electrode below.) The dummy common electrode 72 which does not contribute the same thing to drive deformation of the piezo-electric sheet 70, the electrode takeoff connection 74, the dummy individual electrodes 73a, 73b, and 73c, the electrode takeoff connections 75a, 75b, and 75c (it abbreviates to a dummy electrode below.) It is formed. For this reason, since a barrier layer 38 and the restricted layer 70 have the completely same configuration, contraction at the time of baking can be made into the same thing. Furthermore, in the whole which doubled the barrier layer 38 and the restricted layer 70, the whole contraction is made into the symmetry with constituting the array of an electrode and a dummy electrode in the symmetry in the thickness direction (the direction of a laminating), and it constitutes so that the curvature at the time of baking may not be produced.

[0029] Here, drawing 2 is the mimetic diagram showing electric connection of a piezoelectric device 3. In the side face of a piezoelectric device 3, the electrode takeoff connection 43 of the piezo-electric sheets 40a, 40c, and 40e, While external negative electrode 52a which consists of a conductive metallic material for connecting electrically the electrode takeoff connection 74 of ceramic layer 71b is arranged. External negative electrode 52b which consists of a conductive metal plate for connecting electrically each of the electrode takeoff connections 75a, 75b, and 75c of the ceramic layers 71a and 71c is arranged, and external negative electrode 52a and external negative electrode 52b are connected further electrically. Therefore, each electrode or dummy electrode of the ceramic layers 71a, 71b, 71c, 40a, 40c, and 40e becomes the same potential.

[0030] External positive electrode 54a which consists of a conductive metallic material for connecting electrically each piezo-electric sheets [40b, 40d, and 40f] electrode takeoff connection 45a and 45a and 45a on the other hand is arranged on the side face of a piezoelectric device 3. External positive electrode 54c which consists of a conductive metallic material for connecting electrically external positive electrode 54b which similarly consists of a conductive metallic material for connecting electrically each piezo-electric sheets [40b, 40d, and 40f] electrode takeoff connection 45b and 45b and 45b, each piezo-electric sheets [40b, 40d, and 40f] electrode takeoff connection 45c and 45c, and 45c is arranged on the side face of a piezoelectric device 3, respectively. In addition, although it direct-prints, or it is applied and a metallic material is formed in the side face of a barrier layer 38 and the restricted layer 70, various configurations, such as forming an electrode, it being made to contact with a metal plate separately, and making it connect, and soldering a wire and connecting, are possible for these external electrodes.

[0031] Here, since it does not contribute to drive deformation of the ceramic layer 71 of the restricted layer 70 about a dummy electrode, it is not necessary to impress driver voltage. However, even if it changes the dummy electrode into the insulating condition which does not have a polarity electrically, the potential difference may arise between the common electrodes 42 of the maximum upper layer of a barrier layer 38, and electrostatic capacity may be generated. Since this current is small, it does not contribute to drive deformation of the ceramic layer 71, but since power loss is brought about, when a cell is used especially for a power source, there is disadvantageous profit that a time becomes short. Then, in the restricted layer 70, the dummy electrode has connected with the common electrode 42

formed in the barrier layer 38 electrically. Then, the potential difference does not arise between the dummy electrode of the restricted layer 70, and the common electrode 42 of the maximum upper layer of a barrier layer 38, but generating of unnecessary electrostatic capacity can be prevented.

[0032] The block of the piezoelectric device constituted as mentioned above is dipped into the oil bath with which insulating oil, such as an about 130-degree C silicone oil, was filled and which is not illustrated, 2.5 kv(s)/mm [about] electric field are impressed among the external negative electrode 52 and external positive electrodes 54a-54c, and polarization processing is performed to each piezo-electric sheet 40 of a barrier layer 38. By this, the piezo-electric activity sections 46a, 46b, and 46c of each piezo-electric sheet will have an electrostriction property so that it may be well-known.

[0033] Moreover, as shown in drawing 2 , external negative electrode 52a is grounded in code which is not illustrated, and let it be ground potential. Moreover, external positive electrode 54a is connected in code which is not illustrated to the positive electrode of the drive power source 60 through open/close switch 62a. Similarly, external positive electrode 54b is connected in code which is not illustrated to the positive electrode of the drive power source 60 through open/close switch 62b. And external positive electrode 54c is connected in code which is not illustrated to the positive electrode of the drive power source 60 through open/close switch 62c. In addition, the negative electrode of the drive power source 63 is made into a ground, i.e., ground potential.

[0034] Thus, a head 15 is constituted by pasting up and attaching the obtained piezoelectric device 3 to the cavity plate 30, as shown in drawing 6 .

[0035] Here, the modification of a piezoelectric device 3 is explained. Drawing 8 is drawing showing the piezoelectric device 203 which is the modification of a piezoelectric device 3. In addition, the sign same about the member of the same configuration as a piezoelectric device 3 is attached, and the explanation is omitted. The same is said of the following modifications. A piezoelectric device 203 is formed from a barrier layer 238 and the restricted layer 270 as well as a piezoelectric device 3. This barrier layer 238 consists of piezo-electric sheets 40 of four layers. Moreover, the five-layer laminating only of the ceramic layer 71 which has the dummy common electrode 72 is carried out, the restricted layer 270 is constituted, and, as for each dummy common electrode 72, each is grounded to the ground electrode. As the barrier layer 38 of a piezoelectric device 3 shows drawing 1 , the barrier layers 238 of a piezoelectric device 203 differ with consisting of piezo-electric sheets 40 of four layers to consisting of piezo-electric sheets 40 of six layers. Moreover, as the restricted layer 70 which constitutes a piezoelectric device 3 shows drawing 5 , in the restricted layer 270 of a piezoelectric device 203, it differs to carrying out the three-layer laminating of a green sheet 50 and the green sheet 51 by turns, and being calcinated by the ceramic layer 71 which the five-layer laminating only of the green sheet 51 is carried out, and it is calcinated, and is shown in drawing 8 , and the dummy electrode 72 being formed. As shown in a piezoelectric device 203, the number of the piezo-electric sheet 40 by which a laminating is carried out as a barrier layer 238 or a restricted layer 270, and the ceramic layers 71 can be changed according to various kinds of conditions. Moreover, if there is contraction at the time of baking of the electrode arranged as a dummy electrode within fixed limits which prevent curvature, it is also possible to constitute a part or all of the restricted layer 70 only from a green sheet 51.

[0036] Next, another modification of a piezoelectric device 3 is explained. Drawing 9 is drawing showing the piezoelectric device 303 which is another modification of a piezoelectric device 3. As for a piezoelectric device 303, a barrier layer 338 consists of piezo-electric sheets 40 of four layers like a piezoelectric device 203. Moreover, the five-layer laminating only of the green sheet 50 equipped with the dummy individual electrodes 73a, 73b, and 73c is carried out, and the restricted layer 370 is calcinated, and is constituted, and each is connected to ground potential. If there is contraction at the time of baking of a dummy positive electrode within fixed limits which prevent curvature like the above-mentioned piezoelectric device 203, it is also possible to constitute the restricted layer 370 only using a green sheet 50.

[0037] Actuation of the piezoelectric device 3 of the piezo-electric type ink jet printer head 15 constituted as mentioned above is explained with reference to drawing 1 and drawing 2 . According to predetermined printing data, among open/close switches 62a, 62b, and 62c, an electrical potential

difference is impressed between the common electrodes 42 and individual electrode 44a which are in the range of piezo-electric activity section 46a when open/close switch 62a is closed, electric field arise [a controller] on the piezo-electric sheet 40 of arbitration located in those range, and the piezoelectric material of piezo-electric activity section 46a develops in the vertical direction of drawing 1 according to an electrostrictive effect. Since electric field do not arise in the ceramic layers 71a, 71b, and 71c of the restricted layer 70 at this time, it does not expand and contract. Therefore, in a barrier layer 38, internal electrode 44a and piezo-electric activity section 46a inserted between 42 deform toward ink room 32a, and decreases the volume of the ink room 32a. And the ink in ink room 32a serves as a drop 39 from orifice 37a, and is injected. In addition, if open/close switch 62a opens, impression of an electrical potential difference is intercepted and piezo-electric activity section 46a is returned to the original location, ink will be then filled up from the ink feeder 16 with the increment in the volume of ink room 32a.

[0038] The deformation in piezo-electric activity section 46a of this barrier layer 38 will be equally produced up and down, supposing there is no restricted layer 70. On the other hand, when the restricted layer 70 is formed like the gestalt of this operation, the deformation produced in piezo-electric activity section 46a is made to transform the ink room 32a side which is mainly the opposite side of the restricted layer 70. Therefore, if the deformation produced in piezo-electric activity section 46a is the same, as compared with the structure where it does not have the restricted layer 70, the direction of the piezoelectric device 3 equipped with the restricted layer 70 can enlarge deformation by the side of ink room 32a, and can make [many] the injection quantity of ink. That is, even if it impresses the same electrical potential difference, the injection quantity of ink can be made [many] by having had the restricted layer 70. Since in other words the electrical potential difference to impress can be made small to inject the ink of the specified quantity, small electrification can be attained.

[0039] Moreover, in the gestalt of this operation, as mentioned above, since the thickness is set as 5 micrometers - 40 micrometers, a good piezo-electric property is acquired and the green sheets 50 and 51 used as the piezo-electric sheet 40 with which said electrode etc. was printed, and the ceramic layer 71 can obtain sufficient variation rate in a barrier layer 38. The relation between the thickness of this green sheet, and a piezo-electric property and the variation rate of a barrier layer is explained using drawing 3.

[0040] Drawing 3 is a graph which shows the relation between much more thickness of a ceramic layer, and a piezoelectric constant and the amount of displacement. As shown in drawing 3, when much more thickness of a ceramic layer is 15 micrometers or more, a piezoelectric constant d33 becomes more than 600 ($\times 10^{-12}$ m/V), and it turns out that a good property is acquired.

[0041] However, when much more thickness of a ceramic layer is less than 5 micrometers, a piezoelectric constant d33 becomes under 450 ($\times 10^{-12}$ m/V), and it turns out that sufficient property is not acquired. Since Ag in an electrode diffuses this too much at the time of baking when thickness is less than 5 micrometers, it is considered that piezo-electric property sufficient as mentioned above is not acquired. Then, in the gestalt of this operation, preferably, 5 micrometers or more of much more thickness of a ceramic layer were constituted so that it might be set to 15 micrometers or more. Therefore, in the gestalt of this operation, sufficient piezo-electric property can be acquired in a barrier layer 38.

[0042] On the other hand, as shown in drawing 3, it turns out that the amount of displacement of 20nm or more is obtained for much more thickness of a ceramic layer in a barrier layer 38 in the case of 30 micrometers or less. In addition, the amount of displacement shown in drawing 3 shows the amount of displacement at the time of impressing the electrical potential difference of 20V to a five-layer ceramic layer among barrier layers 38. however -- if much more thickness of a ceramic layer exceeds 40 micrometers -- a barrier layer 38 -- setting -- the variation rate of 13nm or less -- an amount -- becoming -- 10 -- it turns out that a **** variation rate is not obtained.

[0043] This becomes what has the effect of constraint of the piezo-electric inert segment in the perimeter of the piezo-electric activity section big when much more thickness of a ceramic layer exceeds 40 micrometers, and it is thought that sufficient variation rate is no longer obtained in the piezo-electric

activity section.

[0044] Then, in the gestalt of this operation, preferably, 40 micrometers or less of much more thickness of a ceramic layer were constituted so that it might be set to 30 micrometers or less. Consequently, sufficient amount of displacement can be obtained in the barrier layer 38 of the gestalt of this operation.

[0045] In the gestalt of this operation, as mentioned above, moreover, the common electrode 42 and the individual electrodes 44a-44c which consist of the metallic material of an Ag-Pd system Since 0.7 micrometers - 5 micrometers of thickness are preferably set as 1 micrometer - 3 micrometers, There are few differences of the thickness of the piezoelectric device of the part where the problem that an electrode will become thin too much or an electrode will go out does not occur, and an internal electrode exists, and the part not existing, and it has been hard coming to generate exfoliation by the laminating interface. The relation between the thickness of this electrode and exfoliation by the thickness and the laminating interface of an electrode is explained using drawing 4.

[0046] Drawing 4 is a graph which shows the relation between the thickness of an internal electrode, and exfoliation by electrostatic capacity and the laminating interface. As shown in drawing 4, when the thickness of an internal electrode is 1 micrometers or more, the electrostatic capacity of 1600pF is obtained and it turns out that the electrode of sufficient thickness is formed. However, when the thickness of an internal electrode is less than 0.7 micrometers, it turns out that electrostatic capacity is set to less than 1500pF, and the electrode is thin. Furthermore, when the thickness of an internal electrode is 0.5 micrometers or less, electrostatic capacity is set to less than 500pF, and it turns out that an electrode piece is generated. Since Ag in an electrode is spread at the time of baking when the thickness of an internal electrode is less than 0.7 micrometers, this is considered that an electrode becomes thin too much or an electrode piece arises. Then, in the gestalt of this operation, preferably, 0.7 micrometers or more of thickness of an internal electrode were constituted so that it might be set to 1 micrometers or more. Therefore, in the gestalt of this operation, the electrode of sufficient thickness can be formed in the common electrode 42 and the individual electrodes 44a-44c.

[0047] On the other hand, as shown in drawing 4, when the thickness of an internal electrode exceeds 5 micrometers, it turns out that exfoliations by the laminating interface of the part where an internal electrode does not exist occur frequently. This is considered to be because for the difference of the thickness of a piezoelectric device 3 of the part where an internal electrode exists, and the part where an internal electrode does not exist to become large too much when the thickness of an internal electrode exceeds 5 micrometers. Then, in the gestalt of this operation, the thickness of an internal electrode constituted 5 micrometers or less so that it might be preferably set to 3 micrometers or less. Consequently, exfoliation by the laminating interface can be prevented.

[0048] Furthermore, the width of face of the individual electrodes 44a-44c formed in a piezo-electric sheet is influenced by the pitch between adjoining ink rooms, and is further determined by the width of face of an ink room. As for the width of face of this individual electrode, it is desirable to be formed by 40% - 70% of the width of face of an ink room. In being narrower than 40%, it is easy to produce dispersion in the injection situation of a liquid ink drop, without obtaining sufficient pressure variation to the volume of an ink room. On the contrary, in being larger than 70%, spacing with septum 34a between ink rooms becomes narrow, the variation rate of electrostrictive ceramics is restrained, and there is a possibility of affecting the pressure variation of the ink room which it not only does not contribute to the increment in a pressure, but adjoins depending on the case (cross talk).

[0049] Moreover, as for the pitch between the ink rooms which adjoin from the balance of the high integration from a viewpoint of a head design, and productivity (head resolution), it is preferably desirable to be designed by 169 micrometers (150dpi) - 508 micrometers (50dpi) 85 micrometers (300dpi) - 847 micrometers (30dpi). The width of face of septum 34a is set to about 10-20 micrometers, and it becomes impossible to secure sufficient jointing with a piezoelectric device on production in the ** pitch of 85 micrometers or less. The count of a scan for obtaining a required quality of printed character becomes great, and it becomes impossible on the contrary, to secure the engine performance as a printer in the extensive pitch of 847 micrometers or more.

[0050] When an efficient head is designed on the engine performance and production based on this head

resolution in consideration of the width of face of septum 34a between ink rooms, the generating effectiveness of a pressure, etc., it is needed that 50 micrometers - 500 micrometers of width of face of an individual electrode are 80 micrometers - 200 micrometers preferably. In addition, although it will knead with a metallic material, and a binder and a solvent, and will usually be made the shape of a paste and it will form using technique, such as screen-stencil, in case an electrode (metallic material of an Ag-Pd system in this case) is formed in a piezo-electric sheet, in such printing technique, it is very difficult to stabilize and form by width of face of 50 micrometers or less, and it is desirable to design by width of face of 80 micrometers or more preferably.

[0051] As mentioned above, in the gestalt of this operation, since 5 micrometers - 40 micrometers of much more thickness of a ceramic layer were preferably constituted so that it might be set to 15 micrometers - 30 micrometers, in a barrier layer 38, a good piezo-electric property and the amount of displacement are obtained, it becomes what was stabilized by the injection property in each ink room, and dispersion in the injection property for every ink room can be prevented. Moreover, since 0.7 micrometers - 5 micrometers of thickness of an internal electrode were constituted so that it might be preferably set to 1 micrometer - 3 micrometers, the physical fault from which an electrode layer becomes a cause can be prevented, and an original piezoelectric-material property can be acquired.

[0052] In addition, although the gestalt of operation mentioned above explained the example which applied this invention to the piezoelectric device which operates in elongation mode, this invention is not limited to such a configuration and can be applied to any piezoelectric device in the mode in uni-morph mode, bimorph mode, or share mode.

[0053]

[Effect of the Invention] According to this invention, since 5 micrometers - 40 micrometers of the thickness are preferably set as 15 micrometers - 30 micrometers, the metal of an electrode does not diffuse too much each piezo-electric sheet which constitutes the sintered compact by which two or more sheet laminating was carried out at the time of baking, and it keeps a good piezo-electric property above. Moreover, the effect of constraint of the piezo-electric inert segment in the perimeter of an active site is not too strong, sufficient variation rate of an active site is obtained, and the injection engine performance of the outstanding liquid ink drop can be demonstrated.

[0054] Moreover, for the thickness of said electrode, width of face is [50 micrometers - 500 micrometers of thickness] 1 micrometer - 3 micrometers still more preferably in 0.7 micrometers - 5 micrometers. The difference of the thickness of a piezoelectric device based on the difference of the existence of an electrode does not become large too much because width of face is 80 micrometers - 200 micrometers. Exfoliation of the laminating interface in the part which does not exist an electrode can be prevented certainly, and an ink jet head with still more sufficient engine-performance and production top and effectiveness can be built.

[Translation done.]

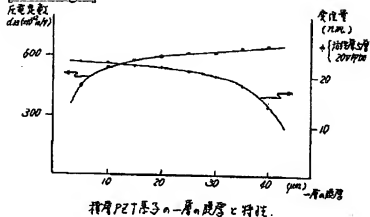
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

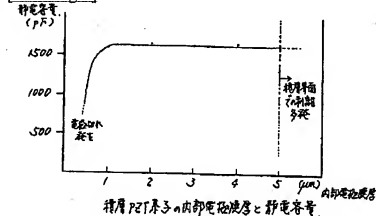
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

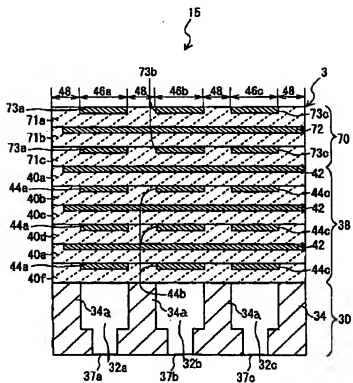
[Drawing 3]



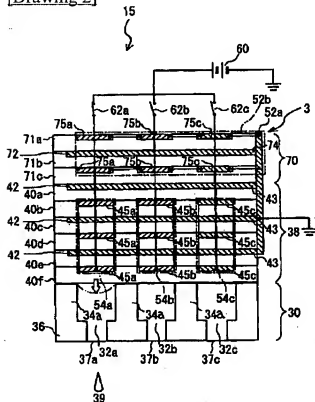
[Drawing 4]



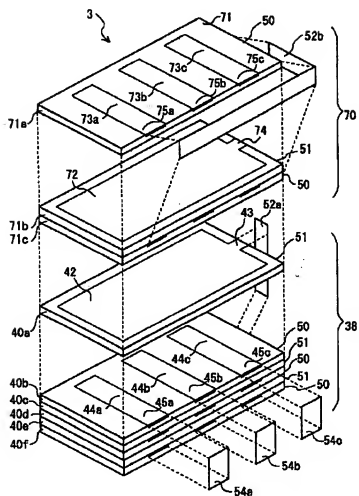
[Drawing 1]



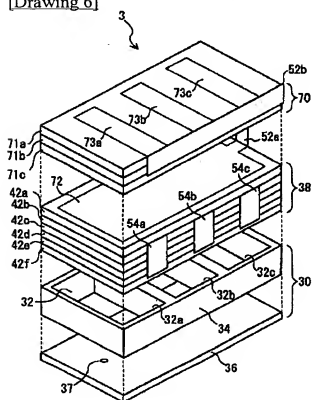
[Drawing 2]



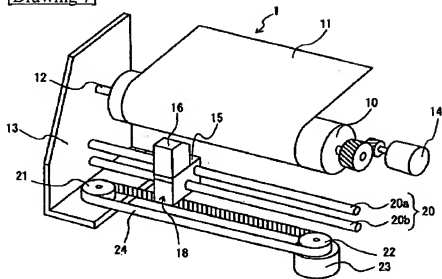
[Drawing 5]



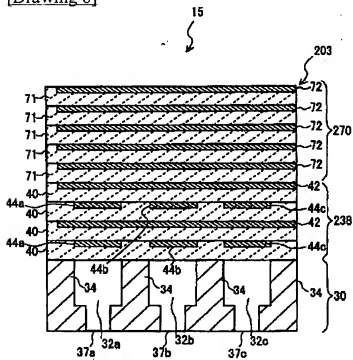
[Drawing 6]



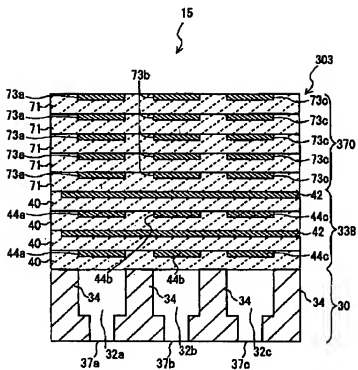
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]